

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Obrábění víka převodové skříně

Gear Box Cover Machining

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Voda Tomáš
Doc. Ing. Vladimír VRBA, CSc.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne

.....

podpis studenta

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne

Voda Tomáš

Adresa trvalého pobytu diplomanta: **Tomáš Voda**

Frošova 1249

517 41 Kostelec nad Orlicí

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VODA, T. Obrábění víka převodové skříně pro firmu TFA alfa s.r.o.: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, Bakalářská práce, vedoucí Doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Bakalářská práce se zabývá zefektivněním výroby komor víka hydraulické převodové skříně pro firmu TFA alfa s.r.o. V úvodu je obecně zmíněna charakteristika daného problému a pravděpodobný způsob řešení. V další části bakalářské práce je teoreticky rozebráno rozdělení a vlastnosti litin spolu s obráběním šedé litiny. Hlavní částí této bakalářské práce se zabývá ekonomičtějším nahrazením původní technologie. Nahrazení spočívá ve volbě progresivnějších nástrojů na obrobení komor. Další částí této práce je technicko-ekonomické zhodnocení, kde porovnávám ekonomický přínos nově zvolené technologie. Závěr patří vyhodnocení této práce.

ANNOTATION OF THESIS

VODA, T. : Machining and Fabrication Institute, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University Ostrava, 2009, Bachelor Thesis, head: Doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

The Bachelor thesis deals with a streamlining of production of chambers in a hydraulic gear box cover for a company TFA alfa s. r. o. .

In the prelude, there is a general characteristics of the problem and possible way of resolving. Next part includes theoretical analysis of a diversification and characteristics of cast iron, as well as, machining of gray cast iron.

The main part of the thesis deals with more efficient replacement of original technology. The replacement consists of choosing more progressive tools for machining chambers. In the next part of the work, there is a technical – economic assessment where I evaluate economic benefits of the new selected technology.

The ending includes an evaluation of the work.

Obsah:

1	Úvod.....	1
2	Obecná charakteristika daného problému.....	2
	1. 1 Historie firmy TFA alfa s.r.o.	3
3	Obrábění šedé litiny.....	7
	3. 1 Definice litin.....	7
	3. 2 Druhy litin.....	8
	3. 3 Grafit.....	10
	3. 3. 1 Tvar grafitu.....	10
	3. 3. 2 Rozložení grafitu.....	11
	3. 3. 3 Velikost grafitu.....	13
	3. 4 Mechanické a fyzikální vlastnosti litin.....	13
	3. 4. 1 Mechanické vlastnosti.....	13
	3. 5 ČSN EN 1561: Litina s lupínkovým grafitem- GJL.....	15
	3. 5. 1 Zkušební tělesa pro zkoušení mechanických vlastností....	17
	3. 6 Obrobitelnost materiálu.....	17
	3. 6. 1 Obrobitelnost litiny.....	18
	3. 6. 2 Vliv struktury a mechanických vlastností litin.....	18
	3. 6. 3 Vliv chemického složení na obrobitelnost litin.....	19
	3. 7 Vliv obráběného materiálu na řezné síly.....	20
4	Návrh nové technologie včetně nástrojů.....	22
	4. 1 Charakteristika původní technologie včetně použitých nástrojů...22	
	4. 1. 1 Použité nástroje.....	22
	4. 2 Návrh nové technologie včetně nástrojů.....	25
	4. 3 Obráběcí centrum MAHO DECKEL DMC 80 H duo block.....	26
	4. 3. 1 Technické parametry stroje.....	26
5	Diskuze provedených zkoušek.....	27
	5. 1 Řezné podmínky nově navržených nástrojů.....	27
	5. 2 Kontrola rozměrů opracovaných komor.....	28
	5. 3 Vyhodnocení měření.....	28

6	Technicko – ekonomické zhodnocení.....	31
6.1	Původní technologie- nástrojové náklady.....	31
6.2	Nová technologie- nástrojové náklady.....	33
6.3	Návratnost projektu.....	35
7	Závěr.....	36
	Použitá literatura.....	38
	Seznam příloh.....	39



1 Úvod

V období hospodářské krize více jak jindy dochází k tvrdému konkurenčnímu boji mezi firmami o získání zakázek a zajištění ziskovosti dané produkce. Způsob jak zajistit firmě dostatek zakázek a zároveň ziskovost produkce je zaměřit úsilí na zvyšování produktivity práce. Pro dosažení vysoké úrovně produktivity práce je nutné se zaměřit na hlavní vlivy, které ovlivňují její úroveň. Mezi hlavní vlivy patří : technická vybavenost pracoviště (vysoce produktivní obráběcí stroje), stanovené technologie obrábění s využitím moderních nástrojů. Produktivitu dále ovlivňuje stupeň vybavenosti pracoviště programátorů a výše jejich kvalifikace, která je zajišťována účastí na školeních zaměřených na progresivní metody programování.

Nedílnou součástí technologického procesu je i proces měření. V sériové výrobě musí být produkce neustále systematicky kontrolována za účelem zajištění shody výroby. K tomuto cíli musí být zajištěno vybavení vlastních pracovišť a měrových středisek včetně školení personálu.

2 Obecná charakteristika daného problému

Firma TFA alfa s.r.o. v současné době zajišťuje výrobu víka hydraulické převodové skříně pro traktory STEYER. Stávající technologie byla navržena tak, aby bylo možno v průběhu etapy vývoje provádět operativně změny na opracovávaném dílcí. Tato technologie neřešila sériovost a efektivnost výroby. Ukončením konstrukčního vývoje byla firma postavena před úkol zajistit sériovou výrobu. Požadavek zákazníka je zajistit výrobu v rozsahu 2500 až 3000 kusů vík ročně. Doba trvání tohoto projektu je předpokládána po dobu šesti až osmi let.

Vzhledem k rozsahu celé problematiky obrábění daného dílu se budu ve své bakalářské práci zabývat obráběním pěti komor hydraulických ventilů daného dílu. Můj úkol spočívá v nahrazení stávající technologie obrábění novým a progresivnějším způsobem, který zajistí požadovanou sériovost a jakost produkce.

V tomto případě budu navrhovat kombinované postupové nástroje pro hrubovací a dokončovací operace, které nahradí velké množství jednoduchých HSS nástrojů potřebných k obrobení komor.

Cílem tohoto řešení je zajistit společně s dalšími technologickými opatřeními roční požadavek na produkci. Tento díl se bude obrábět na jednom horizontálním obráběcím centru ve třísměnném provozu. Touto kapacitou musí být zajištěna roční požadovaná produkce.

Další požadavky, které musí zajistit nové navrhované řešení, je zvýšení geometrické přesnosti obráběných komor, zvýšení kvality opracovaných ploch, zvýšení trvanlivosti použitých nástrojů a snížení nákladů na výrobu komor.



Obr. 2.1 „ Víko hydraulické převodové skříně “

2.1 Historie firmy TFA alfa s.r.o.



Obr. 2.1.1 „Administrativní budova firmy TFA alfa s.r.o.”

Společnost byla založena 12. července 1993 jako obchodní firma zabývající se exportem a importem dle potřeb regionu. Od roku 1996 vlastní firmu 4 společníci, občané České republiky, kteří tvoří v plném rozsahu management firmy. Od 2.1.1997 zahájila strojírenskou výrobu v rekonstruovaných prostorách se 17 zaměstnanci.

V roce 1999 se posunula spolupráce s VÚTS a.s. Liberec z podoby klasické kooperace do polohy smluvně provázené společné cesty se zaměřením na řešení vývoje, technologičnosti přípravy a zajištění vlastní výroby.

Filozofie firmy v této oblasti od počátku sledovala zájem o výrobu montážních celků a výrobků dílů a komponentů, kde konstrukční řešení sice přináší obchodní partner, ale výrobu řeší výrobce (T.F.A. alfa s.r.o.) již od fáze prototypu, respektive ověřovací série a má možnost z části ovlivnit i konstrukční řešení z pohledu technologie zpracování.

V roce 1997 tvořily hlavní náplň výrobního programu společnosti dodávky dílů a komponentů pro jednoúčelové stroje firmy Preciosa a.s. Jablonec nad Nisou a



dodávky regulátorů a náhonových skříní pro pneumatické stavy firmy TRUSTFIN a.s. Vsetín.

V roce 1998 firma zahájila spolupráci s firmou Glatt Pharma s.r.o. Hradec Králové, dceřinou společností Glatt Pharma A.G. Dresden /Německo/. Od roku 1998 pro daného odběratele firma dodává mimo jiné tělesa vzduchotěsných klapek, kde finálním výrobkem jsou kontejnery určené pro výrobní linky na vysoce toxické materiály.

Pro uvedeného odběratele v současné době firma TFA alfa s.r.o. vyrábí díly s vysokou přidanou hodnotou, s vysokými nároky na technologii obrábění nerezů v rozsahu 200-250 tis EUR ročně.

V průběhu let 2001-2004 se pak pozornost firmy věnovala zahájení výroby a zabezpečení pravidelných dodávek pneumatických tryskových stavů typu BETA pro tkaní skleněných vláken v provedení perlinky určených pro nový projekt společnosti Saint Gobain Vertex a.s. v Litomyšli.

Pod názvem Vertex Fabrics, s.r.o. byla v průběhu let 2000-2008 vybudována největší tkalcovna na výrobu stavební perlinky na světě, která je vybavena pouze stavy dodanými VÚTS a.s. Liberec a vyrobenými v T.F.A. alfa s.r.o. (rozšiřování uvedené tkalcovny dále pokračuje).

Souběžně s výrobou strojů na tkaní perlinky byl v letech 2001-2002 vyvinut a vyroben nový pneumatický tryskový stav na tkaní zaplněných tkanin pod označením VEGA pro tkaniny typu RECO a TAPETA s rychlostními parametry srovnatelnými se stavy firmy DORNIER, avšak s vyšší setkatelností materiálů.

V průběhu roku 2003 T.F.A. alfa s.r.o. zvítězila ve výběrovém řízení firmy KIND GmbH. na dodávky komponentů pro konečnou montáž magnetů u společnosti Babcock Noell Nuklear Würzburg. Uvedené magnety jsou určeny pro montáž urychlovače částic (magnet o průměru cca 650 mm a o průměru polygonu 9 km) pod označením LHC zajišťovaný pro CERN, instituci celoevropského významu.



Pozici firma získala vytvořením optimálního způsobu opracování, který obstál v konkurenci německých i italských firem. Zásadní problém v řešení spočívá v opracování materiálů s obrobiteľností ve třídě 11. (kompletní řada 12 tříd obrobiteľností podle švédské firmy SECO), se kterou v České republice prakticky do roku 2003 nebyly žádné zkušenosti.

V období 2002-2004 se realizoval asi dosud nejvýznamnější samostatný projekt v horizontu existence firmy. V souladu s dlouhodobou spoluprací s Výzkumným ústavem textilních strojů a.s. v Liberci se firma stala součástí realizačního celku, který realizoval od fáze prototypu po výrobu první série pneumatického tryskového stavu na tkaní technických tkanin vyvinutého oborem tkalcoven výzkumného ústavu pod názvem CAMEL. Technické řešení přineslo několik převratných technických novinek, podložených podáním patentů.

V roce 2003 dokoupila firma již třetí halu o ploše 1.200 m² a následně provedla rekonstrukci pro zajištění potřebných ploch pro montáž stavů a zajištění potřebného zázemí pro přijetí nových zakázek náročných na prostory.

V průběhu let 2005-2007 úzkou spoluprací s vývojovým pracovištěm firmy ARGO HYTOS a.s. (dnes s.r.o.) Vrchlabí jsme dokončili vývoj nových systémů ovládání pracovní hydrauliky pro německé traktory firmy Fendt.

Uvedená spolupráce s VUTS a.s. Liberec a s ARGO HYTOS s.r.o. Vrchlabí byla předmětem projektu zařazeného v roce 2006 v rámci OPMP programu INOVACE II. V průběhu let 2006-2008 byl projekt úspěšně realizován, jeho výstup dnes představuje cca 25 % obrátu celé firmy. V rámci uvedeného projektu společnost T.F.A. alfa s.r.o. investovala do obráběcích strojů více jak 16 mil. Kč, což výrazně posílilo kapacity a to jak do objemů, tak zejména do výrazného posunu dosažitelné kvality výroby.

Dne 23. března 2006 firma získala certifikaci ČSN EN ISO 9001:2001, kterou pravidelně každým rokem bez problémů obhájí



V roce 2006 firma zahájila spolupráci s německým renomovaným výrobcem průmyslových ventilátorů, firmou Piller Industr. GmbH, která postupně směřuje završení výroby včetně kompletace a samostatného prodeje v oblasti východní Evropy.

Ve stejném roce firma zahájila dodávky komponentů pro výrobu vzduchotechnických zařízení, konkrétně pak velkých průmyslových klimatizačních jednotek pro anglickou společnost ELC Laser v severním Irsku, která nasměrovala aktivity firmy do vzdálenějších a lukrativnějších oblastí mimo Německo, Švýcarsko a Francii.

V souladu s dohodami o spolupráci s VUTS a.s. Liberec, v průběhu roku 2007 zajišťovala firma T.F.A. alfa s.r.o. výrobu prototypu pneumatického tryskového stavu pro tkaní technických tkanin pod názvem COMBINE, který byl následně úspěšně představen na světové výstavě ITMA 2007 v Mnichově.

Výroba pneumatických tkalcovských stavů určených pro tkaní technických vláken (typy CAMEL, VEGA, VERA a COMBINE) – Výzkumný ústav textilních strojů a.s. Liberec s následným určením pro konečné zákazníky – Vertex Fabrics, s.r.o. Litomyšl, Saint Gobain Vertex s.r.o. M. Krumlov, v zahraničí pak firmu Stikla Skiedra Valmiera (Lotyšsko). Firma kompletně zajišťuje dodávky ND a servis záruční a u Verttex Fabrics, s.r.o. i pozáruční servis.

Strategie firmy pro další období předpokládá další využití dlouhodobé spolupráce s VUTS a.s. Liberec. Společnost chce souběžně efektivně využít mnohaleté zkušenosti s obráběním na frézovacích a vrtacích centrech, kde konkrétně u vertikálních center má největší kapacity v regionu.

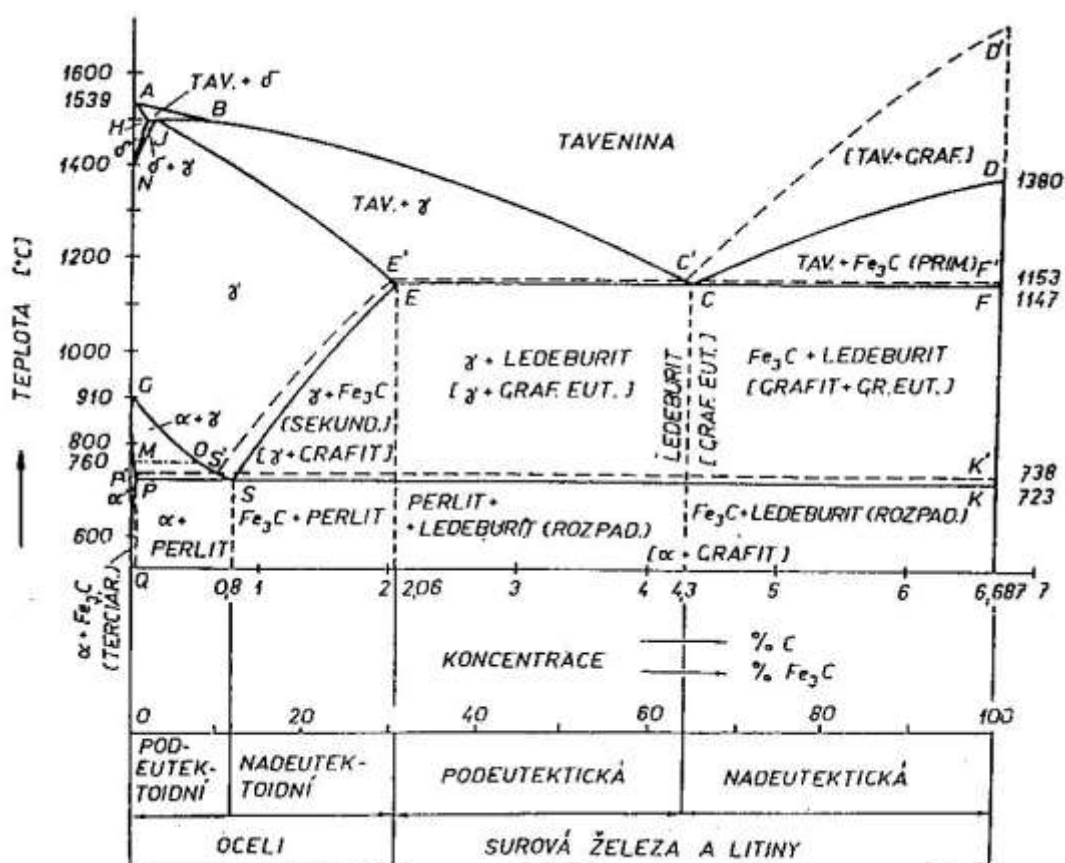
Firma TFA alfa s.r.o. se zabývá především výrobou výrobků z litiny. Jedním z těchto produktů je víko hydraulické převodové skříně, které je řešeno z hlediska technologie obrábění v dalších částech této práce.

3 Obrábění šedé litiny

3.1 DEFINICE LITIN [1]

Litiny jsou slitiny železa, uhlíku a dalších prvků, v nichž je uhlík vyloučen ve formě grafitu nebo vázán jako karbid Fe_3C , případně karbid jiného prvku. Obsah uhlíku je vyšší, než odpovídá jeho maximální rozpustnost v austenitu, tj. $\text{C} > 2,08\%$.

Litiny krystalizují podle stabilního nebo metastabilního diagramu Fe-C, resp. Fe- Fe_3C , případně se v průběhu tuhnutí a chlazení uplatňují oba systémy – obr. 3. 1.



Obr. 3.1 „Rovnovážný diagram Fe – C - - - Fe- Fe_3C ”

3.2 DRUHY LITIN [1]

Struktura litin je tvořena primární fází a eutektikem. Při tuhnutí podle stabilního systému vzniká grafitické eutektikum, které je tvořeno austenitem a uhlíkem, vyloučeným v některé forem grafitu. Tyto litiny se nazývají litiny grafitické. Při tuhnutí podle metastabilního systému je eutektikum ledeburit. Ve struktuře není přítomen volný grafit a takové litiny se nazývají bílé nebo karbidické. Přejímový typ mezi grafitickými a bílými litinami tvoří tzv. maková litina, která obsahuje jak grafitické, tak metastabilní eutektikum. Tato struktura se obvykle pokládá za nežádoucí.

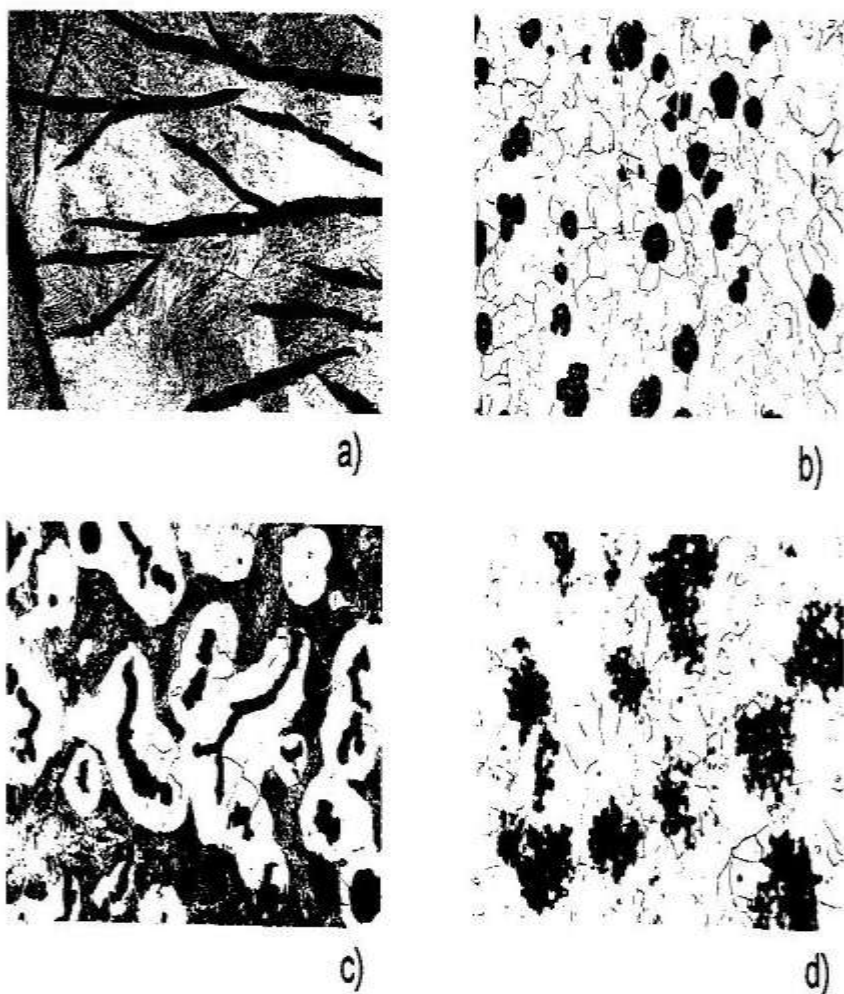
Základním kriteriem pro určení druhu litin je zejména tvar vyloučeného grafitu. Názvy jednotlivých druhů litin, značky a číselné označování, respektuje normu ČSN EN 1560, která vychází z evropského systému značení. V ČR je platná od roku 1999. Podle tvaru grafitu se litiny dělí na následující typy – obr. 3. 2.

Litina s lupínkovým grafitem – GJL (dříve nazývaná jako šedá litina) – obsahuje grafit ve tvaru prostorových útvarů, podobných zelné hlávce, které mají na metalografickém výbrusu tvar lupínků. Jsou delší než tlustší a konec lupínků je ostrý. Oblast, připadající jednomu takovému prostorovému útvaru grafitu se nazývá eutektická buňka. Litina s lupínkovým grafitem je nejobvyklejším typem vyráběných litin.

Litina s kuličkovým grafitem – GJS (dříve nazývaná jako litina tvárná) – obsahuje grafit ve formě kuliček. Z hlediska vlastností litiny je ideálním tvarem dokonalá kulička, často se však vyskytuje grafit „nedokonale zrnitý“. Eutektická buňka je oblast, příslušející jednomu útvaru grafitu – jedné kuličce.

Litina s červíkovitým grafitem – GJV (dříve nazývaná jako litina vermikulární). Červíkovitý grafit má podobnou morfologii jako grafit lupínkový. Ve srovnání s GJL jsou však útvary grafitu kratší, tlustší a jejich konec bývá zaoblený. Vermikulární litina obvykle obsahuje též určité množství lupínkového nebo kuličkového grafitu.

Temperovaná litina – GJM – se dělí na litinu s bílým lomem, označovanou GJMW a s černým lomem, - GJMB. Grafit v litině s černým lomem, případně i v litině s bílým lomem má tvar vloček.



Obr. 3.2 „Tvar grafitu v jednotlivých druzích litin: a) GJL b) GJS c) GJV d) GJM ”

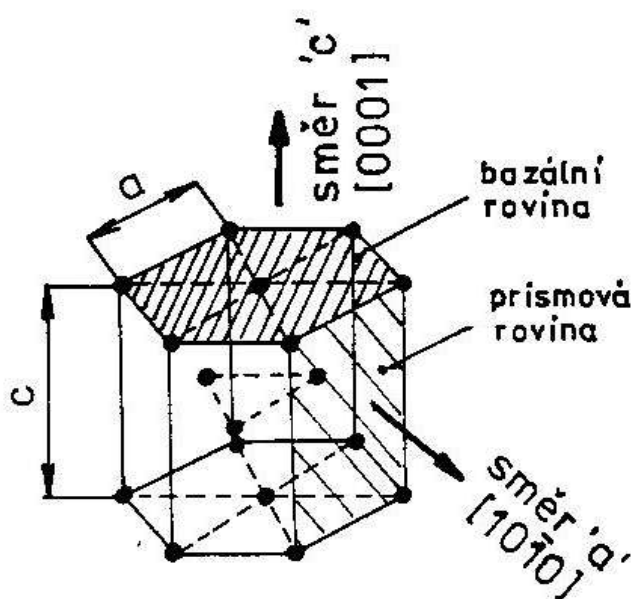
Litiny s lupínkovým, kuličkovým a červíkovitým grafitem tuhnou podle stabilního systému, kdy grafit krystalizuje při tuhnutí eutektika. Lupínkový grafit vzniká obvykle bez jakýchkoliv metalurgických zásahů. Pro získání litiny s kuličkovým a červíkovitým grafitem je nutno provádět modifikaci.

Temperovaná listina tuhne podle metastabilního systému a vločkový grafit ve struktuře vzniká až při následujícím tepelném zpracování – temperování, rozpadem cementitu.

3.3 GRAFIT [1]

Grafit je krystalická forma uhlíku. Krystalizuje v hexagonální soustavě s mřížkovými parametry 0, 264 a 0, 691 nm – obr. 3. 3. Poloměr atomu je 0, 077 nm. Základny mřížky se nazývají bazální roviny. Směr růstu grafitu v bazálních rovinách se označuje „a“ [1010]. Při vytváření nových bazálních rovin se jedná o růst ve směru „c“ [0001]. Obvod šestihranu tvoří prismové roviny.

Hustota grafitu se udává 2220 kg.m^{-3} . Grafit má velmi dobrou tepelnou vodivost. Pevnost a tvárnost jsou nepatrné.



Obr.3.3 „Krystalová mřížka grafitu”

3.3.1 TVAR GRAFITU

Tvar grafitu se hodnotí podle normy ČSN EN ISO 945, která zařazuje grafit do 6-ti tříd.

I – lupínkový grafit

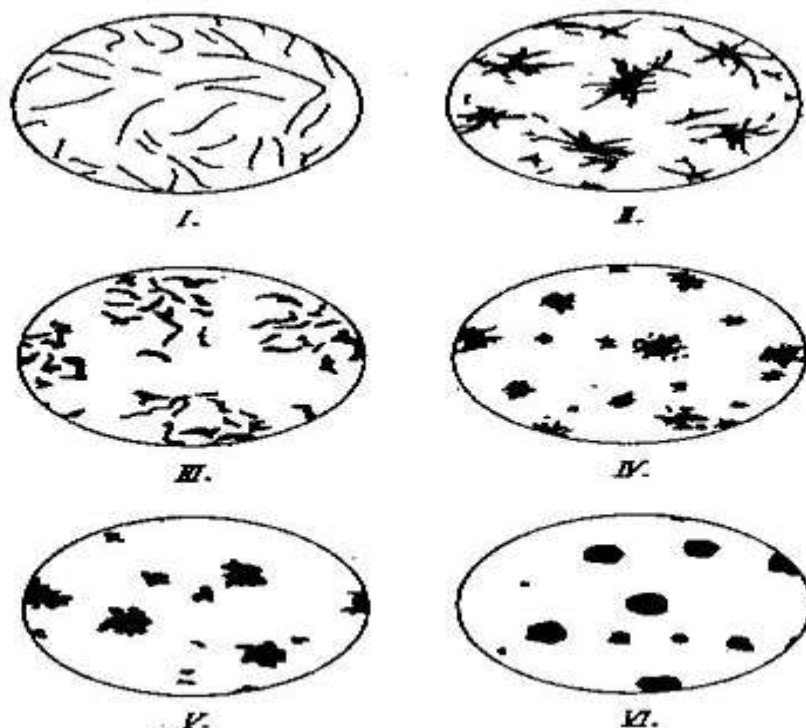
II – pavoučkový grafit

III - červíkovitý grafit

IV- vločkový grafit

V – nedokonale kuličkový grafit

VI – pravidelně kuličkový grafit

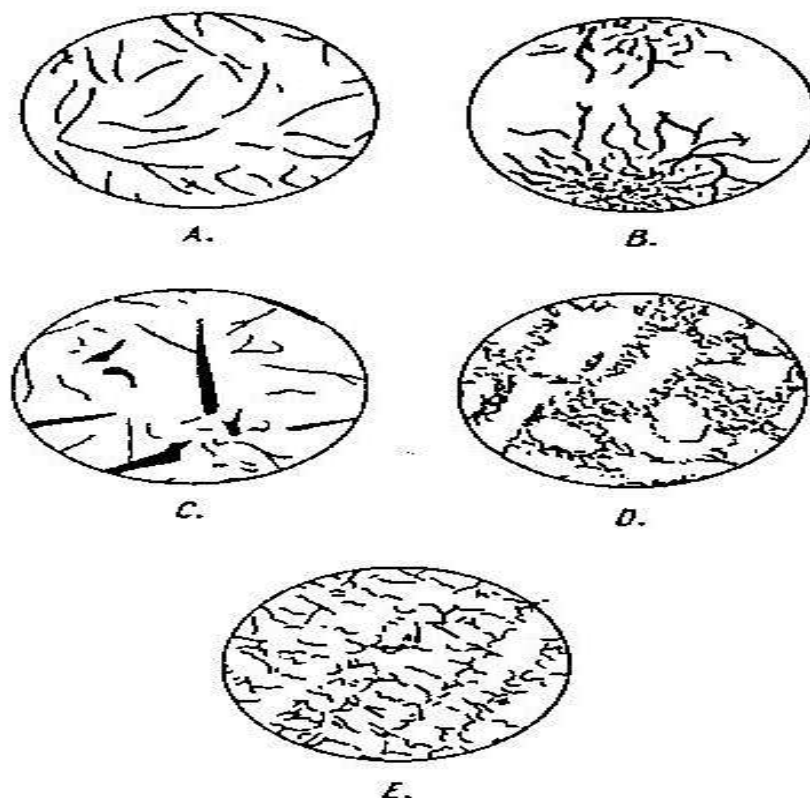


Obr. 3.3.1., „Tvar grafitu“

3.3.2 ROZLOŽENÍ GRAFITU

Grafit může být ve struktuře rozložen ve formě pravidelných stejnoměrně velkých útvarů, nebo nerovnoměrně, kdy tvoří útvary nestejně velké nebo místně nahromaděné. Rozložení grafitu podle normy ČSN EN ISO 945 se hodnotí podle etanolové řady, uvedené na obr. 3.3.2.1 do 5-ti tříd a značí se:

- A – rovnoměrné rozložení
- B – růžicovité
- C – smíšené
- D – mezidendritické neusměrněné
- E – mezidendritické usměrněné



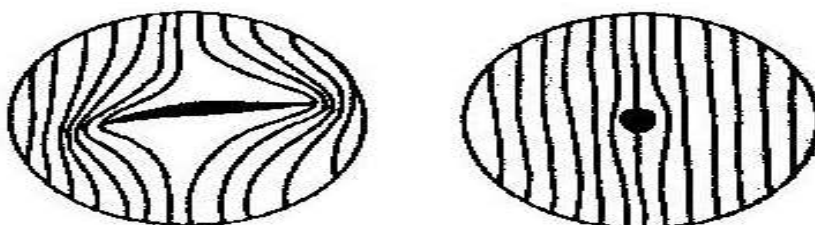
Obr. 3.3.2.1 „Rozložení grafitu”

Z hlediska vlastností litin je optimální rozložení typu A – grafit rovnoměrně rozložený, se stejnou velikostí. Nepravidelné rozložení a výskyt hrubých grafitových útvarů je příčinou nehomogenního rozložení napětí a horších mechanických vlastností.

Typy grafitu D a E se nazývají též jako přechlazený grafit, vznikají při nedostatku krystalizačních zárodků a při rychlém ochlazení a jsou přechodem od stabilního k metastabilnímu tuhnutí. Přechlazený grafit je vyloučen v mezidendritických prostorech austenitu (a tak současně zviditelňuje strukturu dendritů)

Tvar a rozložení grafitu mají zásadní vliv na mechanické vlastnosti litin. Samotný grafit má velmi malou pevnost. Grafit tím, že zmenšuje nosný průřez základní kovové hmoty, snižuje pevnost litiny. Současně na koncích útvarů grafitu dochází ke koncentraci napětí – grafit působí vrubovým účinkem. Čím ostro-hranější je zakončení útvarů grafitu, tím větší je vrubový účinek – obr. 3.3.2.2.

Z tohoto hlediska je nejméně výhodný lupínkový grafit, naopak nejvýhodnější je grafit kuličkový. Proto má tvárná litina podstatně vyšší mechanické vlastnosti, než litina s lupínkovým grafitem. Litina s červíkovým a vločkovým grafitem svými vlastnostmi leží mezi těmito krajními body.



Obr. 3.3.2.2 „Vliv tvaru grafitu na koncentraci pnutí“

3.3.3 VELIKOST GRAFITU

Z hlediska mechanických vlastností je u všech typů litin výhodný jemnozrnný grafit, vyloučený ve formě drobných kuliček nebo lupínků. Zejména přítomnost hrubých lamel grafitu významně snižuje mechanické vlastnosti litiny.

Disperzita grafitu se hodnotí metalograficky. Velikost lupínků se hodnotí jejich délkou, disperzita kuličkového grafitu počtem kuliček na mm^2 plochy výbrusu. Vyhodnocení se provádí pomocí normovaných etanolů.

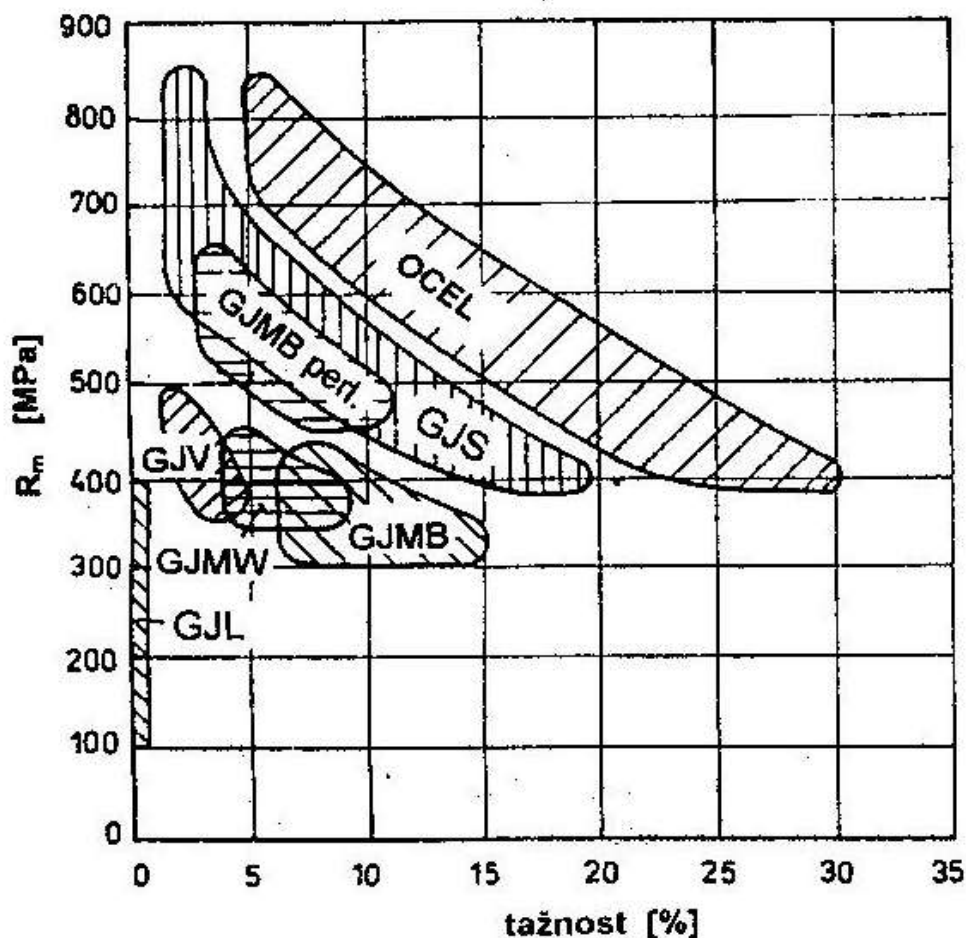
3.4 MECHANICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI LITIN [1]

Mechanické a fyzikální vlastnosti litin závisí na tvaru a dispersitě grafitu, na struktuře a vlastnostech základní kovové hmoty a některé vlastnosti jsou závislé na teplotě.

3.4.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI

U litin se standardně hodnotí následující mechanické vlastnosti: **pevnost** – mez pevnosti v tahu R_m , u GJS, GJV a GJM; **plastické vlastnosti** – tažnost A_5 , hodnotí se pouze u GJS, GJV a GJM; **dynamické vlastnosti** – nárazová práce na tělesech s V-vrubem, obvykle pouze u GJS; **tvrdost** – hodnota tvrdosti HB

Velká variabilita struktury litin má za následek i velmi široké spektrum mechanických vlastností. Na obr. 3.4.1.1 jsou znázorněny oblasti v tahu a tažnosti různých druhů nelegovaných litin (a rovněž hodnotou nárazové práce) platí nepřímá úměrnost – materiály s vysokou pevností mají obvykle nižší tažnost a nižší hodnoty nárazové práce. U nelegovaných litin je nositelem pevnosti perlit, nositelem plastických vlastností a houževnatosti ferit.



Obr. 3.4.1.1 „Mechanické vlastnosti litin”

Struktura a tím i vlastnosti litin jsou velmi závislé na rychlosti ochlazování v průběhu tuhnutí a chladnutí. Rychlost chladnutí je obvykle určena tloušťkou stěny odlitku a ochlazovací schopností formy. Z tohoto důvodu je nutno vlastnosti litin hodnotit na zkušebních odlitcích předepsaných rozměrů, odlitých do forem s předepsanými tepelnými vlastnostmi. Mechanické vlastnosti, zjišťované na odlitku, se vztahují vždy na konkrétní tloušťku stěny. V částech odlitku s jinou tloušťkou stěny jsou i jiné mechanické vlastnosti.

litina	tvrdost HB
feritická	120-150
ferito-perlitická	140-200
perlitická	180-260
nízkolegovaná perlitická	210-280
austenitická (pozn.)	130-170
bainitická	260-420
bílá nelegovaná (dle obsahu	400-500
martenzitická	350-550
martenziticko-karbidická	550-700

Obr. 3.4.1.2 „Druhy litin a jejich tvrdosti”

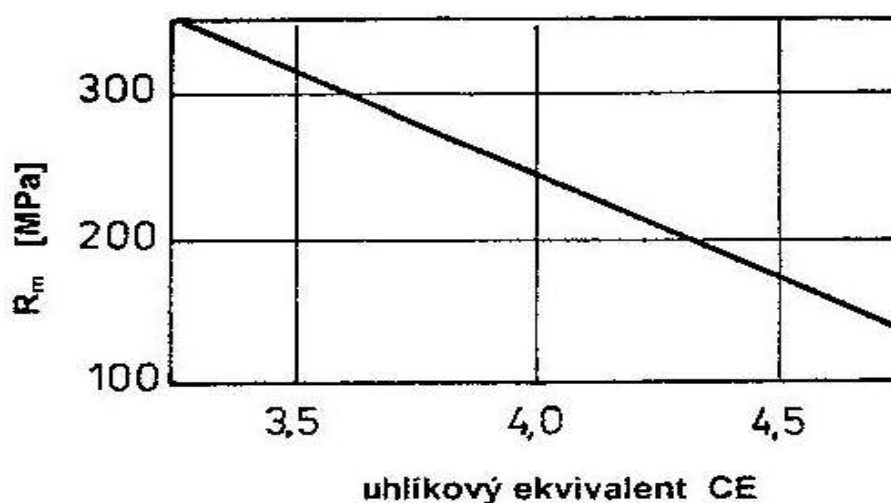
3.5 ČSN EN 1561: LITINA S LUPÍNKOVÝM GRAFITEM - GJL [1]

Normalizovány jsou jakosti GJL s pevností v tahu 100 až 350 MPa. Rozmezí pevnosti v každé třídě je omezeno rozmezím nominální pevnosti R_m až $R_m + 100$ MPa. Tvrdost litiny se udává rozmezím tvrdosti HB a to podle tloušťky stěny odlitku. (Podle ČSN se GJL dosud značila jako ČSN 4224 xx, kde poslední dvojčíslí udává pevnost v tahu v desítkách MPa.)

Pevnost a tvrdost úzce souvisí s chemickým složením, vyjádřeným stupněm eutektičnosti (nebo uhlíkovým ekvivalentem). Z řady korelačních vztahů pro výpočet pevnosti v tahu se uvádí nejčastěji vztah – obr. 3.5.1

$$R_m \text{ vyp} = 1000 - 809 \text{ SE} \text{ [MPa]}$$

U nelegovaných litin není normalizován obsah jednotlivých prvků. Chemické složení musí být voleno tak, aby se dosáhlo požadovaných vlastností.

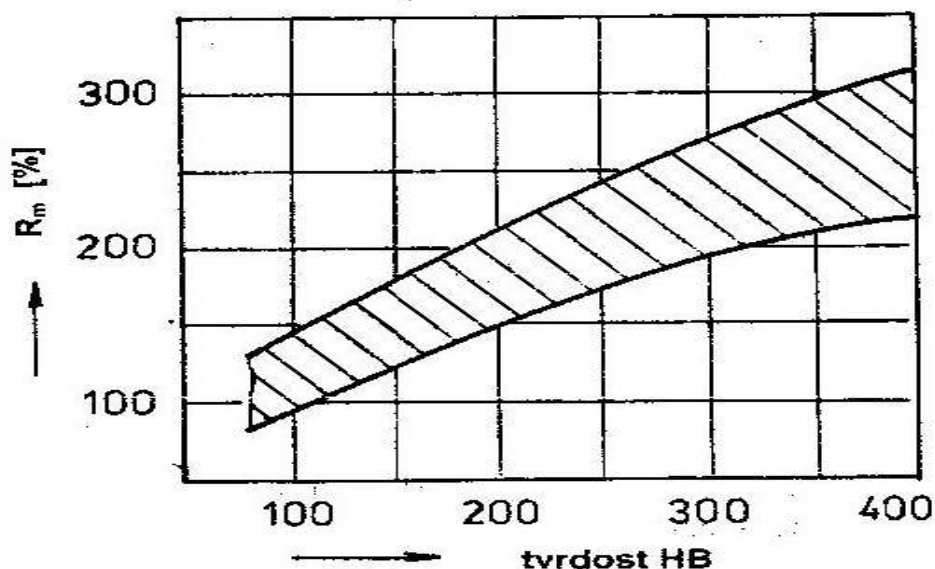


Obr.: 3.5.1 „Závislost pevnosti na chemickém složení”

Mezi pevností v tahu a tvrdostí platí přímá úměrnost, pro nelegovanou GJL znázorněná na obr. 3.5.2 Pro vyjádření této závislosti se doporučuje vztah PATTERSONA:

při $R_m > 196$ MPa: $HB_{vyp} = 100 + 0,438 R_m$

při $R_m < 196$ MPa: $HB_{vyp} = 44 + 0,724 R_m$



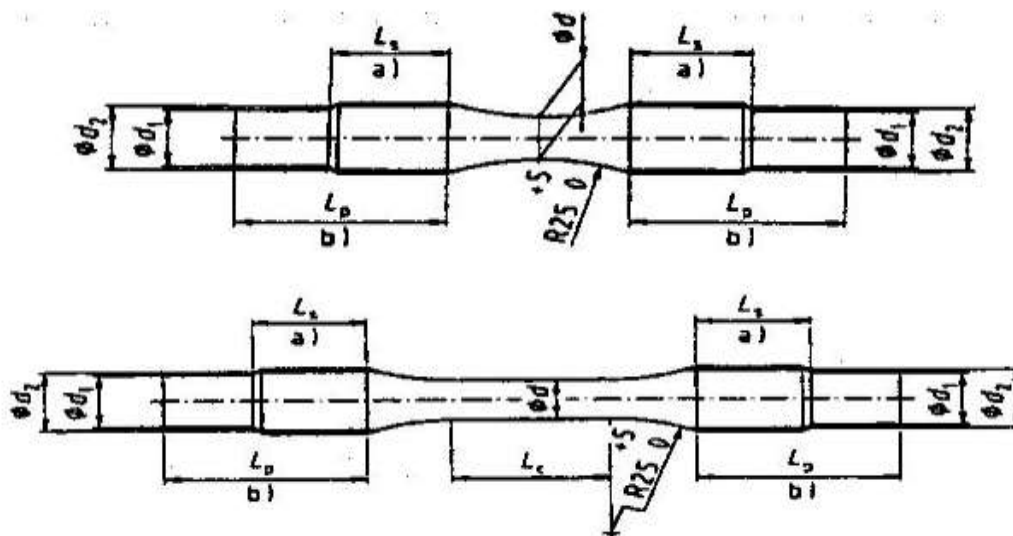
Obr. 3.5.2 „Souvislost mezi tvrdostí a pevností nelegované GJL”

Pevnost v tlaku – RD je až 4 krát vyšší, než pevnost v tahu a bývá v rozmezí hodnot 600 – 1100 MPa. Čím nižší je pevnost v tahu, tím vyšší je poměr pevnost v tlaku/pevnost v tahu. Z tohoto důvodu mají být litinové součástky konstruovány tak, aby kritické průřezy byly namáhány tlakem.

Významnou vlastností grafitických litin obecně, zejména však litin s lupínkovým grafitem, je malá vrubová citlivost. Grafitové lupínky tvoří ve struktuře četné, nepravidelně orientované vnitřní vruby, které omezují citlivost na vnější vruby na povrchu součástí. Při cyklickém namáhání – tj. např. při vibraci – vznikají v oblasti lupínek značné třecí síly, které mění energii vibrace v teplo. Napětíové špičky se proto velmi snižují. Litiny proto mají, překvapivě vysokou hodnotu meze únavy. Čím nižší je pevnost litiny, tím menší je vrubová citlivost.

3.5.1 Zkušební tělesa pro zkoušení mechanických vlastností GJL.

Mechanické vlastnosti se stanoví na zkušebních tělesech, vyrobených obrobením z odděleně litých tyčí $\varnothing 30$ mm délky obvykle 300 nebo 600 mm, odlévaných ve svislé poloze do syrové formy, nebo ze vzorků přilítých k odlitku. Pevnost litin, vyplývající z jejich značky, se vztahují k odlité tyči $\varnothing 30$ mm. Používají se zkušební tělesa s kruhovým vybráním nebo válcová. Znázorněna jsou na obr. 3.5.3 Průměr tyče po obrobení je ve zkoušené části $\varnothing 20$ mm.



Obr. 3.5.3 „Zkušební tělesa pro zkoušku tahem GJL”

3.6 Obrobitelnost materiálu [2]

Každý sledovaný materiál se porovnává s materiálem jiným, obráběným za stejných podmínek a stejnými nástroji. Nejčastějším kritériem pro srovnávání výsledků pak bývá teplota při řezání, méně častěji velikost řezných sil, utváření třísky a odlišnost v jakostech povrchu.

Nejdůležitější faktory ovlivňující obrobitelnost závisí na způsobu výroby a tepelném zpracování obráběného materiálu, mikrostruktuře obráběného materiálu, na fyzikálních a mechanických vlastnostech obráběného materiálu, chemickém složení obráběného materiálu, na technologických vlastnostech obráběného materiálu, dále pak na metodě obrábění, kinematice obrábění, na výrobním prostředí, pracovní geometrii řezného nástroje a na druhu a vlastnostech nástrojového materiálu.



3.6.1 Obrobitelnost litiny [3]

Obrobitelnost litiny závisí nejen na struktuře ale i na vlastnostech kovu a na čistotě povrchu odlitků, materiálu a na konstrukci obráběcích nožů, na povaze obrábění, chlazení a na jiných podmínkách obrábění, které jsou také důležitou součástí procesu. Obrobitelnost závisí na technologii obrábění, a proto odlitky, které se dobře obrábějí v jednom podniku, se mohou obrábět hůř v podniku jiném. Proto se požadavky na zlepšení obrobitelnosti odlitků musí stanovit opatrně. Úkolem pracovníků je co nejvíce zlepšit obrobitelnost odlitků, protože na náklady na obrábění připadá jedna z největších částí celkové ceny součásti.

3.6.2 Vliv struktury a mechanických vlastností litiny [3]

Údaje z literatury i z praxe ukazují, že teplo, vznikající při obrábění a opotřebování nástroje, vzrůstá při zvyšování pevnosti a tvrdosti litiny a tím její obrobitelnost klesá.

Dnešní způsoby obrábění umožňují obrábět litinové odlitky velkými rychlostmi. Vliv různých činitelů na obrobitelnost litiny zůstává přitom stejný.

Závislost obrobitelnosti na HB a σ_{Pt} litiny bývá často porušována, to nám ukazuje, že je třeba přihlížet i k dalším činitelům (plastičnosti kovu, nestejnoměrnosti struktury atd.).

Při zvýšení plastičnosti nad určitou mez se tříska lepí na čelo nože a dochází tak k povrchovému zpevnění. Tlak na nůž se zvětšuje a zvyšuje se druhotná tvrdost, což zhoršuje obrobitelnost. Proto se kov s austenitickou strukturou, zejména manganové skupiny, obrábí špatně, ačkoliv má malou prvotní tvrdost. Tento jev lze pozorovat i při obrábění kujné litiny vyšších kvalit, které mají malý obsah temperovaného uhlíku a velkou plastičnost. Pro obyčejnou šedou litinu, která je málo plastická toto nemá význam.

Hlavní příčinou, porušující závislost mezi obrobitelností šedé litiny a její tvrdostí nebo pevností je nestejnorodost struktury. Struktura litiny obsahuje jednotlivé tvrdé složky (karbidy, fosfidy), které působí jako abrazivní látky.

Struktura litiny, skládající se z hrubého páskového perlitu, z fosfidových a karbidových vměstků, se obrábí špatně při tvrdosti 250 HB kdežto litina se stejnosměrným jemným perlitem se obrábí dobře až při tvrdosti 270 HB. Z tohoto



důvodu se obrábí legovaná nebo očkovaná litina při stejné tvrdosti snadněji než obyčejná litina.

Naproti tomu grafit je v litině příznivý – zlepšuje obrobiteľnosť tým, že tvorí drobivou třísku a tím že grafit působí jako mazadlo. Při obrábění litiny nemusíme ve většině případech chladit, chladicí kapalina se používá především pro vyplavování třísek. Stupeň grafitizace je důležitým činitelem, který podmiňuje obrobiteľnosť litiny. Se zvýšením stupně grafitizace klesá tvrdost a pevnost litiny, množství grafitu vzrůstá a obrobiteľnosť se zlepšuje.

Velmi dobře se obrábí kujná litina s černým lomem, která má ideální strukturu – měkkou feritickou v základní kovové hmotě a jemné vměstky temperovaného uhlíku. Oproti tomu se bílá litina při malých rychlostech obrábí velmi obtížně, čím více obsahuje uhlíku, tím hůř se obrábí.

3.6.3 Vliv chemického složení na obrobiteľnosť litiny [4]

Vliv doprovodných prvků a chemického složení na obrobiteľnosť litiny je obdobný jako u ocelí.

Uhlík ovlivňuje obrobiteľnosť litiny svým obsahem, svým vlivem na její mikrostrukturu, která je z hlediska obrobiteľnosti významnějším faktorem než u oceli; uhlík je v litině obsažen jednak ve formě roztoku s feritem, tak s ním vytváří karbid Fe_3C , a to podle obsahu ve formě perlitu nebo cementitu. Kromě toho se vyskytuje v litině ve formě volného uhlíku jako grafit nebo temperovaný uhlík.

Ferit je velmi měkký (75 HB), je špatně obrobiteľný, jeho obrobiteľnosť se zlepšuje sírou. Feritické litiny, obsahující ferit a volný uhlík, jsou velmi dobře obrobiteľné (150 HB). U perliticko-feritické litiny, jejíž tvrdost se zvyšuje s poměrným obsahem perlitu (130 až 240 HB), se její obrobiteľnosť úměrně zhoršuje s tvrdostí. Perlitická litina nemá volný grafit a má malý nebo žádný obsah feritu, je velmi pevná a špatně obrobiteľná. Výhodnější je zde forma globulárního perlitu hrubozrnného. Velmi nesnadno obrobiteľná je litina s celistvými částicemi cementitu (bílá litina). Je velmi tvrdá (až 550 HB) a je možno ji obrábět pouze keramickými nástroji. Její obrobiteľnosť se zlepší žíháním nad teplotu 650°C.

Křemík podporuje vznik grafitického uhlíku a do obsahu 2, 7 % obrobiteľnosť zlepšuje. Při vyšším procentu ji zhoršuje.



Fosfor vytváří v litině sloučeninu Fe-C-P (steatit), která je tvrdá a obrobiteľnosť litiny značne zhoršuje. Do 0,3 % je obsah steatitu v litině malý a její obrobiteľnosť príliš neovlivňuje. Velmi značne se obrobiteľnosť litiny zhoršuje při obsahu steatitu nad 5%

Síra s manganem (do 0,8 %) vytvářejí sulfid manganu, který je rozptýlen ve feritu a obrobiteľnosť litiny zlepšuje. Při obsahu manganu nad 0,8 % se obrobiteľnosť litiny zhoršuje.

Hliník, titan a zirkon jsou silně grafítizující prvky, zpomalují vytvrzování odlitku při chladnutí na hranách, a působí proto kladně na obrobiteľnosť.

Níkl se rozpouští ve feritu, zvyšuje jeho pevnost, podporuje grafítizaci uhlíku. Do 2 % obrobiteľnosť litiny zlepšuje, protože způsobuje stejnoměrnost struktury litiny. Při vyšším obsahu zvyšuje pevnost litiny a její obrobiteľnosť se zhoršuje.

Chrom vytváří v litině karbidy, které obrobiteľnosť litiny značne zhoršují. Při obsahu Si 2,35 % se působením uhlíku obrobiteľnosť litiny nezhoršuje až do 0,9 % Cr.

Molybden se ve feritu rozpouští, zvyšuje jeho tvrdost a pevnost, a proto se obrobiteľnosť litiny zhoršuje úměrně svému obsahu.

Wolfram a vanad vytvářejí v litině karbidy, a proto její obrobiteľnosť zhoršují úměrně svému obsahu.

Obrobiteľnosť litiny je možno zlepšit žíháním, avšak za cenu zhoršení jejích mechanických vlastností. Šedá litina se zahřívá 1 až 2 h podle tloušťky stěny odlitku na teplotu 650 až 680 °C a pomalu se ochlazuje na 540°C. Perlitická litina bez volného cementitu se zahřívá na teplotu 650°C až 700°C a ochlazuje se na vzduchu. Legované litiny se žíhají více hodin na 850 až 950°C a pomalu se ochlazují v peci. Žíháním se však neodstraní vysoká tvrdost vytvrzených částí na hranách odlitků.

3.7 Vliv obráběného materiálu na řezné síly [5]

Křehké kovy se při obrábění plasticky nedeformují, ale dochází k lámání. Tříška se tvoří v jednotlivých nespojených kouscích a tříška se zde nepěchuje. Proto se při obrábění křehkých kovů, např. šedé litiny, spotřebuje mnohem méně energie než při obrábění plastických (tvárných) kovů. Větší řezný odpor má tedy ten kov, který se při tvoření třísky více deformuje a zpevňuje. Řezný odpor závisí také na mechanických vlastnostech obráběného kovu.



Kovy s lepšími mechanickými vlastnostmi odporují více všem vnějším silám, a tím i silám působícím při obrábění.

K základním mechanickým vlastnostem kovů, které mají vliv na řeznou sílu patří : **mez pevnosti v tahu, poměrné prodloužení a tvrdost.**

Obrábění křehkých kovů má však své zvláštnosti. Za nejkřehčí kovy se považuje litina a bronz. Řezná síla při obrábění litiny je přibližně 1,5 x až 2 x menší než při obrábění stejně tvrdé oceli.

Při obrábění oceli se tříska odvaluje z čela jako plynulý pruh, přičemž vzniká tření o čelo nástroje. Tříska šedé litiny nemá tak dlouhé dráhy skluzu po čele, protože se láme na malé kousky již na počátku svého vzniku. Při obrábění šedé litiny je tření o čelo nástroje mnohem menší než při obrábění oceli.

Litinová tříska se téměř nedeformuje. Při obrábění ocelí se tříska značně deformuje, k čemuž je zapotřebí velkých sil.

Mez pevnosti v tahu je u šedé litiny menší než u oceli. Proto je řezná síla u litiny značně menší než při obrábění oceli.

Při obrábění jakéhokoliv kovového materiálu pozorujeme mechanické zpevnění, tj. zhutnění, zvětšení křehkosti a tvrdosti ubírané vrstvy kovu a tenké vrstvy na obrobené ploše. K tomu je zapotřebí určité části práce, vynakládané na obrábění. Má-li se zlomit houževnatý drát, např. mosazný, musí se několikrát ohnout na obě strany. Vynakládá se tu práce, aby se dosáhlo mechanického zpevnění a aby drát nabyl potřebnou křehkost, při níž se snadněji láme. Tvárné kovy mají tedy velkou zpevňovací schopnost, kterou u křehkých kovů postrádáme.

Šedá litina se tedy oproti oceli obrábí snadněji. Při obrábění litiny je řezná síla menší než při obrábění oceli, protože vzniká menší tření třísky o čelo nástroje, menší deformace ubírané třísky a nenastává zde zpevnění kovu při obrábění.

4 Návrh nové technologie včetně nástrojů

4.1 Charakteristika původní technologie včetně použitých nástrojů

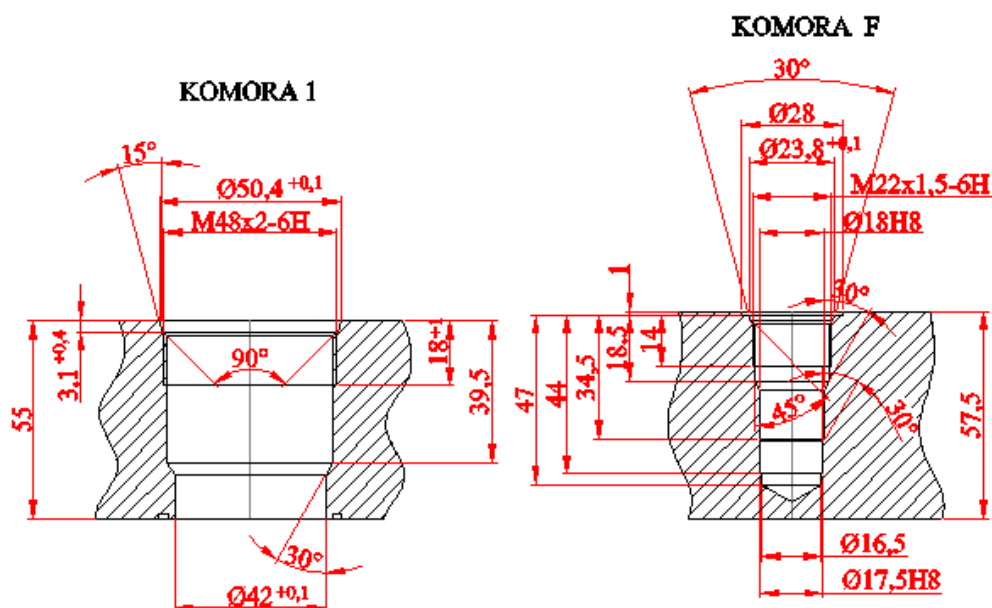
Na základě již výše popsaného náběhu výroby byla technologie řešena s ohledem na časté konstrukční změny. Z tohoto důvodu byly používány hlavně HSS nástroje. To umožňovalo rychle reagovat na prováděné změny, neboť se úpravy velmi často prováděly přebroušováním nástrojů (změny průměrů, úhlů náběhů atd.). Dále bylo HSS nástrojů používáno také pro svoji nižší finanční náročnost.

Tento způsob technologie obrábění měl zajistit pouze náběh výroby a pomoc při dokončení konstrukčních prací. Tento způsob technologie obrábění je však nevyhovující pro sériovou výrobu, proto budu v další části této práce navrhnout technologii novou, která bude zajišťovat především sériovost výroby.

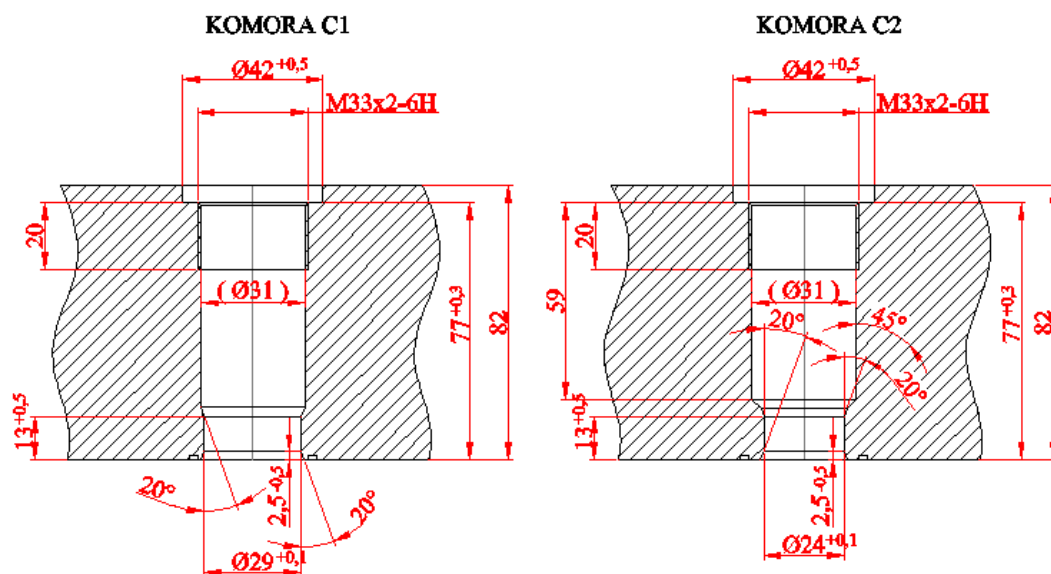
Obrábění původní i novou technologií se provádí na horizontálním obráběcím centru Maho Deckel DMC 80 H duo block. (viz 4.3)

4.1.1 Použité nástroje

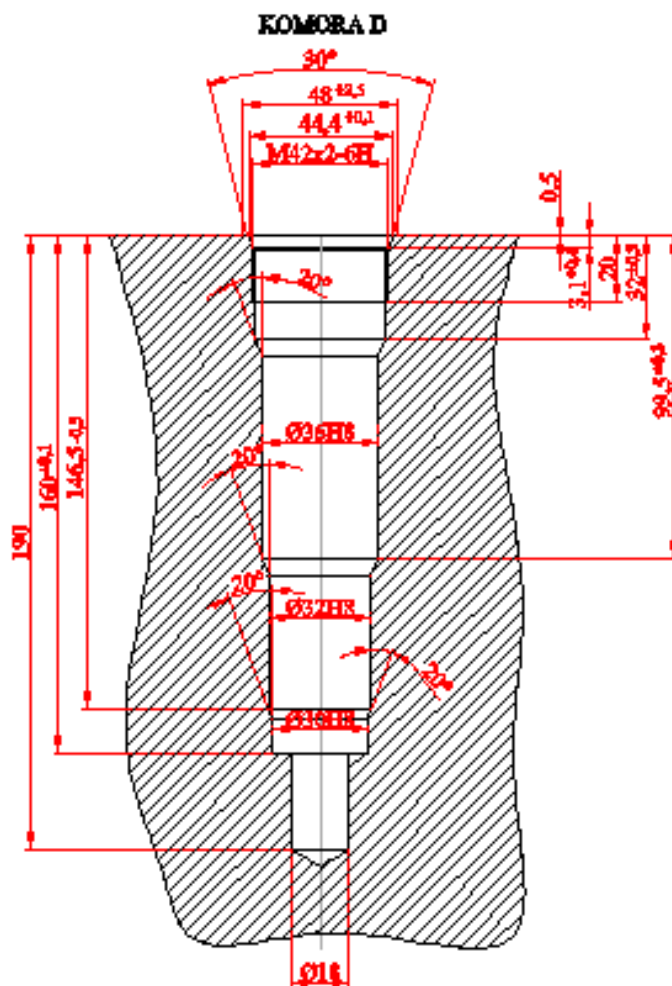
Obrábění pěti komor víka hydraulické převodové skříně se provádělo jednoduchými nástroji tak, aby bylo možné po úpravách z konstrukce měnit každý rozměr na komorách. Program pro tuto technologii byl velice rozsáhlý z důvodu velkého množství použitých nástrojů. Vlivem použití HSS nástrojů byla při obrábění komor vysoká pracnost, neboť pro tyto nástroje nelze použít vysoké řezné rychlosti.



Obr. 4.1.1.1 „Obráběné komory 1 a F”



Obr. 4.1.1.2 „Obráběné komory C1 a C2”



Obr. 4.1.1.3 „Obráběná komora D”

**Tabulka použitých nástrojů ve staré technologii**

	NÁZEV-ROZMĚR	OZNAČENÍ - VÝROBCE
1	Vrták ø10 HSS	22 11 25
2	Vrták ø18 HSS	Gühring Artikel-Nr.266
3	Vrták ø40 HSS	22 11 40
4	Vrták ø45 HSS	22 11 40
5	Spec. výhrubník ø46/30°	22 14 82
6	Vyvrťovací tyč ø42+0,1	SECO aA780 30 + A725 30
7	Záhlubník ø53/30°	22 16 06
8	Kužel. záhlubník ø50/90°	22 16 28
9	Závitník M48x2	22 30 42
10	Vrták ø35 HSS	22 11 40
11	Vrták ø31 HSS	22 11 40
12	Spec. vrták ø29/180°	22 11 40
13	Výhrubník ø29,7	22 14 11
14	Spec. výhrubník ø31,6/20°	22 14 11
15	Spec. výhrubník ø35,6/20°	22 14 82
16	Spec. výhrubník ø40/20°	22 14 82
17	Záhlubník ø48	26 16 06
18	Záhlubník ø48/30°	26 16 06
19	Kužel. záhlubník ø50/90°	22 16 28
20	Závitník M42x2	22 30 42
21	Spec. výstružník ø30H8/180°	22 14 46
22	Spec. výstružník ø32H8/20°	22 14 46
23	Spec. výstružník ø36H8/20°	22 14 47
24	Vrták ø17 HSS	22 11 40
25	Vrták ø16,5 HSS	22 11 40
26	Spec. vrták ø20,5/30°	22 11 40
27	Záhlubník ø28	22 16 06
28	Záhlubník ø26/30°	22 16 06
29	Kužel. záhlubník ø25/90°	22 16 28
30	Spec. výhrubník ø17,75/30°	22 14 11
31	Závitník M22x1,5	22 30 42
32	Spec. výstružník ø18H8	22 14 46
33	Spec. výstružník ø18H8	22 14 46
34	Vrták ø23 HSS	22 11 40
35	Vrták ø28 HSS	22 11 40
36	Spec. vrták ø31/20°	22 11 40
37	Spec. vrták ø31/45°	22 11 40
38	Spec. vrták ø30/20°	22 11 40
39	Záhlubník ø43	22 16 06
40	Kužel. záhlubník ø40/90°	22 16 28
41	Závitník M33x2	23 30 42
42	Vyvrťovací tyč 29+0,1	SECO AA780 10 + A725 10
43	Vyvrťovací tyč ø24+0,1	SECO AA780 10 + A725 10

Nástrojový list je včetně geometrických úprav nástrojů a programu na horizontální obráběcí centrum v příloze č.1 a 2.



4.2 Návrh nové technologie včetně nástrojů

Úkolem nové technologie obrábění je zajistit požadovanou sériovost v ročním množství 2500 až 3000 kusů. Z tohoto důvodu byly osloveny firmy SECO; HAM-FINAL; WALTER; S.O.N. a ISCAR na vypracování nabídky speciálního nářadí na opracování poptaných komor.

Jako zadání byly těmto firmám poskytnuty okótované řezy komor, údaje k ročnímu požadovanému množství a předpokládaná doba trvání projektu.

Z návrhů, které byly od jednotlivých firem předloženy, byl proveden výběr nejvhodnějších nástrojů z pohledu firmy TFA alfa s.r.o. (viz tab. č. 1)

Hodnocení nástrojů bylo prováděno na základě předložených cenových nabídek, dále z pohledu časové dostupnosti. Dalším důležitým hlediskem bylo posouzení schopnosti nástrojů zajistit opracování více rozměrů pracovním posuvem. Vzhledem k tomu byly pro navrhovanou technologii obrábění vybrány kombinované nástroje které plní tyto požadavky a jsou schopny zajistit vysokou produktivitu obrábění.

č.n	název – rozměr	označení	VBD
1.	Vrták ø41 PL SECO	SECO SD502-41-82-40R7	1xSPGX 12T3-C1 T400D, 1xSCGX 120408-P2 T200D
2.	Prot. nástroj ø42/ø46/ø50,4	S.O.N. č-B-00-0053 SE	4xSECO – CCMT 060204-F2
3.	Vrták ø16,5 HM SECO	SECO SD105-16.00/16.99-80	1xSECO – SD100-16.50-K
4.	Fréza ø12 HM	K-TOOLS 114010A.120,ø12x45	
5.	Vyvrťovací nástroj ø29/ø35/ø39	WALTER B3273-760037R	2xP28475-3 ,WAP20, 2xCCMT09T308-PM5,WAK10
6.	Vrták ø18 HM	GARANT č.122760	
7.	Vyvrťovací tyč ø31,5 GRAFLEX	SECO A780 20 + A725 20	SECO 1xA780 20 + A725 20
8.	Prot. nástroj ø29,7/ø35,9/ø39,7	S.O.N. B-00-0056 SE	SECO – 4xCCMT 060204-F2, WALTER -2xCCMT09T308- PM5, 1xTCMT 090204.M42 , T515
9.	Vrták ø28 PL SECO	SECO SD503-28.5-86-32R7	1xSPGX 0903-C1 T400D, 1xSCGX 09T308-P2 T200D
10.	Vrták ø23 PL SECO	SECO CD505-23-115-25R7	1xSPGX 0703-C1 T400D, 1xSCGX 070308-P2 T200D
11.	Vyvrťovací tyč ø30,5 GRAFLEX	SECO A780 20 + A725 20	1xCCMT 060204-F2 , TK2000
12.	Fréza ø32 PL ISCAR	ISCAR APKT-D32-45-CS32-FE	6xAPKT 1003 PDR-HM IC910
13.	Protáčecí nástroj ø24/ø31	S.O.N. č. B-00-0054 SE	SECO – 4xCCMT 060204-F2
14.	Protáčecí nástroj ø29/ø31	S.O.N. č. B-00-0055 SE	SECO – 3xCCMT 060204-F2
15.	Protáčecí nástroj ø17,3/ø28	S.O.N. č. B-00-0052 SE	SECO – 4xCCMT 060204-F2, 2xTCMT 090202.M42
16.	Výstružník ø17,5H8/ø18H8	HAM-FINAL č. 6800-358	
17.	Výstružník ø30H8/ø32H8/ø36H8	HAM-FINAL č.6800-359	
18.	Závitová fréza M33x2	SECO TM-M14X2.0 ISO-14R5	
19.	Závitová fréza M12x1.5	SECO TM-MF12X1,5 ISO- 12R5	

Tab. č. 1- Použité navržené nástroje s označením a uvedením výrobce včetně použitých VBD.



Nástrojové listy včetně programu pro horizontální obráběcí centrum v příloze č.2

Nástroje číslo 2, 5, 8, 13, 14, 15, 16, 17 jsou výkresovou dokumentací doloženy v přílohách č. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

4.3 Obráběcí centrum Maho Deckel DMC 80 H duo block

4.3.1 Technické parametry stroje

Rozjezdy v osách X-Y-Z.....	800-800-800 [mm]
Rozsah otáček.....	0-12000 [ot/min]
Krouticí moment/ výkon.....	1 053/37 [Nm/kW]
Rychloposuvy v osách X-Y-Z.....	60 [m/min]
Rozměr palety.....	630 x 630 [mm]
Maximální ložná váha.....	1200 [kg]
Upínací systém držáků nástrojů.....	SK 50
Zásobník nástrojů.....	60 [kusů]
Řídící systém.....	Sinumerik 840 D



Obr. 4.3.1 „Maho deckel DMC 80 H duo block”



5. Diskuze provedených zkoušek

5.1 Řezné podmínky nově navržených nástrojů

Řezné podmínky pro obrábění nástroji nové technologie jsem volil řezné podmínky, které byly doporučeny výrobcem nástroje nebo VBD. U protáčecích nástrojů docházelo při obrábění náběhů k vibracím a tudíž k nezkvalitnění obrobeného povrchu, vzhledem k této skutečnosti museli být řezné podmínky po dohodě s technologem firmy TFA alfa s.r.o. změněny tak, aby se vibrace již dále neobjevovaly. Tyto změny jsou v tabulce zapsány za lomítkem. V následující tabulce jsou vypsaný posuvy [mm/min], otáčky [ot/min] a řezné rychlosti [m/min] každého použitého nástroje v nové technologii. (tab. č. 1)

Tab.č.1

č.n	název - rozměr	posuv [mm/min]	otáčky [ot/min]	řezná rychlost v_c [m/min]
1.	Vrták ø41 PL SECO	80	1165	150
2.	Prot. nástroj ø42/ø46/ø50,4	105	1045	151
3.	Vrták ø16,5 HM SECO	540	1544	78
4.	Fréza ø12 HM	300	2600	98
5.	Vyvrtávací nástroj ø29/ø35/ø39	150	1500	160
6.	Vrták ø18 HM	740	1250	71
7.	Vyvrtávací tyč ø31,5 GRAFLEX	100	550	54
8.	Prot. nástroj ø29,7/ø35,9/ø39,7	102/8	820/250	90/27
9.	Vrták ø28 PL SECO	238	1706	150
10.	Vrták ø23 PL SECO	290	2076	150
11.	Vyvrtávací tyč ø30,5 GRAFLEX	100	450	42
12.	Fréza ø32 PL ISCAR	500	1200	121
13.	Protáčecí nástroj ø24/ø31	100/6	1590/265	140/23
14.	Protáčecí nástroj ø29/ø31	165/6	1850/265	174/25
15.	Protáčecí nástroj ø17,3/ø28	150/60	2123/1415	153/102
16.	Výstružník ø17,5H8/ø18H8	140	130	7
17.	Výstružník ø30H8/ø32H8/ø36H8	90	170	18
18.	Závitová fréza M14x2	450/560	2910	128
19.	Závitová fréza M12x1.5	489	3390	128

Tabulka č.1 obsahuje řezné podmínky všech nástrojů použitých v nové technologii.

5.2 Kontrola rozměrů opracovaných komor

Cílem této kontroly je porovnat rozdíly v naměřených hodnotách mezi původní a novou technologií obrábění.

Pro toto porovnání bylo provedeno měření tří kusů vík opracovaných původní technologií a tří kusů obrobených pomocí technologie nové.

Mezi kontrolované rozměry byly u každé komory vybrány ty rozměry, které jsou označeny nad rohovým razítkem symbolem znamenající důležitý rozměr vzhledem k následné montáži.

Kontrola rozměrů se prováděla na měrovém středisku firmy TFA alfa s.r.o. . Měřené rozměry byly kontrolovány na třírozměrném měřícím stroji WENZEL LH87, k měření bylo dále použito měřící zařízení pro měření drsnosti povrchu firmy MITUTOYO-SURFTEST a ke kontrole závitů byly použity kontrolní závitové kalibry.



Obr. 5.2 „Wenzel LH 87”

5.3 Vyhodnocení měření

Porovnáním naměřených hodnot je prokázáno, že všechny rozměry jsou v rozsahu tolerančních polí. Toto u původní technologie vlivem použitých nástrojů nebylo vždy zajištěno.



Hlavní efekt použití nových progresivnějších nástrojů je ve zvýšení geometrické přesnosti komor, tam kde je předepsaná házivost obráběných tolerovaných průměrů vůči sobě, případně kolmost plochy k obrobenému průměru. Další významný posun nastal ve kvalitě opracovaných ploch, a to především ve kvalitě opracování náběhových hran, které slouží k navedení těsnících kroužků na hydraulických ventilech. Zvýšení kvality opracovaných ploch je i na tolerovaných průměrech komory F a komory D. Významný posun nastal i ve kvalitě opracování závitů. K tomuto došlo vlivem změny technologie z řezání závitů na technologii frézování závitů.

Posouzením ostatních naměřených hodnot je možné konstatovat, že došlo k ustálení naměřených hodnot a tím nedochází k využití celého tolerančního pole. Tato skutečnost významně ovlivní zajištění opakovatelnosti jakosti v sériové výrobě.

Z poznatků uvedených v následujících tabulkách je zřejmé že cíl zvýšení kvality a geometrické přesnosti byl dosažen.(tab.1 až 5)

Tab. 1-Komora- otvor 1

Rozměr	díly vyrobené původní technologií			díly vyrobené novou technologií		
	měř.1	měř.2	měř.3	měř.1	měř.2	měř.3
$\varnothing 50,4^{+0,1}$	50,47	50,49	50,49	50,44	50,44	50,45
$\varnothing 42^{+0,1}$	42,08	42,09	42,08	42,06	42,05	42,05
$3,1^{+0,4}$	3,44	3,48	3,43	3,32	3,34	3,32
M42x2-6H	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
Ra 1,6	1,63	1,74	1,67	1,22	1,24	1,19
Ra 3,2	2,83	2,92	2,78	2,22	2,26	2,33
Ra 3,2	3,43	3,34	3,38	2,87	2,78	2,74
15°	15,12	15,19	15,14	15,04	15,07	15,06
30°	30,04	30,07	30,21	30,07	30,04	30,03

Tab. 2-Komora F

Rozměr	díly vyrobené původní technologií			díly vyrobené novou technologií		
	měř.1	měř.2	měř.3	měř.1	měř.2	měř.3
$\varnothing 23,8^{+0,1}$	23,89	23,92	23,90	23,86	23,86	23,85
$\varnothing 18H8$	18,014	18,017	18,016	18,023	18,024	18,022
$\varnothing 17,5H8$	17,020	17,022	17,021	17,025	17,023	17,023
M22x1,5-6H	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
$2,4^{+0,1}$	2,49	2,47	2,50	2,46	2,45	2,46
0,025 D	0,032	0,030	0,027	0,012	0,013	0,008
0,025 D	0,022	0,025	0,027	0,009	0,011	0,011
0,04 D	0,036	0,037	0,039	0,023	0,024	0,018
Ra 1,6	1,84	1,76	1,64	1,22	1,28	1,18
Ra 1,6	1,64	1,58	1,62	1,12	1,16	1,14
Ra 1,6	1,53	1,54	1,58	1,06	1,03	1,08



Tab. 3-Komora C (29)

	díly vyrobené původní technologií			díly vyrobené novou technologií		
Rozměr	měř.1	měř.2	měř.3	měř.1	měř.2	měř.3
$\varnothing 42^{+0,5}$	42,33	42,29	42,32	42,41	42,4	42,42
M33x2-6H	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
$\varnothing 29^{+0,1}$	29,06	29,06	29,05	29,07	29,07	29,07
$13^{+0,5}$	13,43	13,42	13,42	13,31	13,30	13,32
Ra 3,2	3,56	3,63	3,46	2,97	2,92	3,11
Ra 3,2	2,85	2,76	2,95	2,12	2,05	2,1
20°	20,12	20,06	20,04	19,98	19,96	19,97

Tab. 4-Komora D

	díly vyrobené původní technologií			díly vyrobené novou technologií		
Rozměr	měř.1	měř.2	měř.3	měř.1	měř.2	měř.3
$\varnothing 48+2,5$	50,2	50,24	50,17	49,85	49,82	49,87
$\varnothing 44,4+0,1$	44,48	44,51	44,46	44,44	44,45	44,46
M42x2-6H	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
$\varnothing 36H8$	36,023	36,026	36,023	36,031	36,029	36,032
$\varnothing 32H8$	32,032	32,036	32,033	32,030	32,032	32,032
$\varnothing 30H8$	30,030	30,035	30,036	30,028	30,027	30,030
$\varnothing 18$	18,2	18,2	18,2	18,10	18,10	18,10
$3,1+0,4$	3,43	3,40	3,44	3,38	3,38	3,4
20	20,54	20,67	20,12	20,15	20,19	20,20
30°	29,85	29,9	29,8	30,03	30,07	30,05
20°	20,02	19,96	19,98	20,06	20,02	20,07
45°	45,09	45,13	45,17	44,97	45,02	45,04
$32\pm 0,3$	32,2	32,25	32,25	32,12	32,15	32,11
$99,5\pm 0,3$	99,70	99,75	99,75	99,55	99,50	99,50
Ra 1,6	1,67	1,62	1,57	1,33	1,38	1,31
Ra 1,6	1,43	1,37	1,45	0,98	0,94	1,02
Ra 1,6	1,47	1,49	1,52	0,92	0,95	0,97
Ra 1,6	1,54	1,48	1,5	0,96	0,97	1,01
$146,5_{-0,5}$	146,42	146,39	146,44	146,41	146,39	146,42
$160\pm 0,1$	159,95	159,93	159,92	160,03	160,01	160,03
0,1 E	0,12	0,097	0,107	0,057	0,063	0,046
0,1 E	0,093	0,096	0,105	0,044	0,048	0,038

Tab. 5-Komora C (24)

	díly vyrobené původní technologií			díly vyrobené novou technologií		
Rozměr	měř.1	měř.2	měř.3	měř.1	měř.2	měř.3
$\varnothing 42^{+0,5}$	42,34	42,31	42,3	42,40	42,39	42,40
M33x2-6H	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
$\varnothing 24^{+0,1}$	24,04	24,04	24,05	24,06	24,06	24,07
$13^{+0,5}$	13,33	13,34	13,33	13,30	13,33	13,31
Ra 3,2	3,48	3,69	3,44	3,03	3,08	3,04
Ra 3,2	2,77	2,72	2,84	1,97	1,93	2,01
45°	45,11	45,05	45,07	45,02	45,06	45,03
20°	20,08	20,06	20,08	19,99	19,98	20,02



6. Technicko – ekonomické zhodnocení

K provedení ekonomického vyhodnocení nově navržené technologie obrábění pěti komor víka hydraulické převodové skříně jsem porovnal původní způsob opracování se způsobem novým.

6.1 Původní technologie- nástrojové náklady

Z příložené tabulky a provedených výpočtů vyplývá, že nástrojové náklady na výrobu jednoho kusu víka jsou 341,28 Kč.

V této částce nejsou započítány náklady na pořízení nástrojů číslo 41;42;43 (vyvrtávací tyč) .

Tyto tři nástroje po ukončení výroby komor víka hydraulické převodové skříně původní technologií budou dále ve firmě TFA alfa s.r.o. využívány. Z tohoto důvodu do propočtu nástrojových nákladů započítávám 25% z pořizovací ceny těchto nástrojů- to je 12 554,50 Kč. Původní technologií bylo vyrobeno cca 850 kusů, proto do nástrojových nákladů bude započítáno: $12554,5/850 = 14,77$ Kč/kus
Celkové nástrojové náklady původní technologie jsou $341,28 + 14,77 = 356,05$ Kč/kus.

Pracnost původní technologie obrábění komor víka hydraulické převodové skříně je 42 minut a 36 sekund.

Firma TFA alfa s.r.o. má pro jednotlivé stroje ve strojovém parku stanoveny minutové ceny za opracování. V tomto případě pro stroj Maho Deckel DMC 80H duo block je stanovena cena 20 Kč/min.

$$\text{CENA OPRACOVÁNÍ} = (\text{pracnost původní technologie} * \text{minutová sazba}) +$$
$$\text{nástrojové náklady na jeden kus}$$

$$\text{CENA OPRACOVÁNÍ} = (42,6 * 20) + 356,05 = 1208,05 \text{ Kč/kus}$$



č.n	název - rozměr	označení	VBD	cena nástr.	počet br.	cena br.	vedl. nákl. nástr.	tvr.nástr. ks	nástroj. náklady/ks
1.	Vrták ø10 HSS	22 11 25		69,30	15	100	1500	60	1,63 Kč
2.	Vrták ø16,5 HSS	22 11 40		432,00	15	100	1500	80	1,51 Kč
3.	Vrták ø17 HSS	22 11 40		451,00	15	100	1500	80	1,52 Kč
4.	Vrták ø23 HSS	22 11 40		460,00	20	100	2000	80	1,46 Kč
5.	Spec. výhružník ø17,75/30°	22 14 11		477,00	10	150	1500	50	3,59 Kč
6.	Kužel. záhlubník ø25/90°	22 16 28		503,00	20	200	4000	50	4,29 Kč
7.	Spec. výstružník ø18H8	22 14 46		510,00	3	600	1800	50	11,55 Kč
8.	Spec. výstružník ø18H8	22 14 46		510,00	3	600	1800	50	11,55 Kč
9.	Spec. vrták ø20,5/30°	22 11 40		538,00	20	120	2400	80	1,75 Kč
10.	Vrták ø28 HSS	22 11 40		728,00	20	130	2600	80	1,98 Kč
11.	Spec. vrták ø29/180°	22 11 40		843,00	20	150	3000	80	2,29 Kč
12.	Spec. výstružník ø30H8/180°	22 14 46		920,00	3	600	1800	40	17,00 Kč
13.	Spec. vrták ø30/20°	22 11 40		976,00	20	160	3200	80	2,49 Kč
14.	Spec. výstružník ø32H8/20°	22 14 46		1022,00	3	750	2250	40	20,45 Kč
15.	Závitník M22x1,5	22 30 42		1057,00			0	100	10,57 Kč
16.	Kužel. záhlubník ø40/90°	22 16 28		1074,00	20	300	6000	60	5,61 Kč
17.	Vrták ø31 HSS	22 11 40		1098,00	20	180	3600	80	2,80 Kč
18.	Spec. vrták ø31/20°	22 11 40		1098,00	20	180	3600	80	2,80 Kč
19.	Spec. vrták ø31/45°	22 11 40		1098,00	20	180	3600	60	3,73 Kč
20.	Záhlubník ø26/30°	22 16 06		1173,00	20	180	3600	60	3,79 Kč
21.	Výhružník ø29,7	22 14 11		1182,00	10	150	1500	50	4,88 Kč
22.	Spec. výhružník ø31,6/20°	22 14 11		1182,00	10	180	1800	60	4,52 Kč
23.	Záhlubník ø28	22 16 06		1212,00	20	220	4400	50	5,34 Kč
24.	Spec. výhružník ø35,6/20°	22 14 82		1283,00	10	250	2500	60	5,73 Kč
25.	Vrták ø35 HSS	22 11 40		1328,00	20	220	4400	40	6,82 Kč
26.	Spec. výstružník ø36H8/20°	22 14 47		1359,00	3	800	2400	40	23,49 Kč
27.	Spec. výhružník ø40/20°	22 14 82		1467,00	10	300	3000	60	6,77 Kč
28.	Kužel. záhlubník ø50/90°	22 16 28		1554,00	20	200	4000	60	4,41 Kč
29.	Spec. výhružník ø46/30°	22 14 82		1747,00	10	300	3000	60	7,19 Kč
30.	Vrták ø40 HSS	22 11 40		1791,00	15	250	3750	60	5,77 Kč
31.	Závitník M33x2	23 30 42		1853,00			0	100	18,53 Kč
32.	Kužel. záhlubník ø50/90°	22 16 28		1970,00	15	400	6000	50	9,96 Kč
33.	Záhlubník ø43	22 16 06		2147,00	20	350	7000	50	8,71 Kč
34.	Záhlubník ø48	26 16 06		2463,00	20	350	7000	50	9,01 Kč
35.	Záhlubník ø48/30°	26 16 06		2463,00	20	380	7600	50	9,58 Kč
36.	Vrták ø45 HSS	22 11 40		2493,00	15	280	4200	50	8,37 Kč
37.	Záhlubník ø53/30°	22 16 06		3043,00	15	400	6000	50	11,30 Kč
38.	Závitník M42x2	22 30 42		3196,00			0	100	31,96 Kč
39.	Závitník M48x2	22 30 42		4430,00			0	100	44,30 Kč
40.	Vrták ø18 HSS	Gühring Artikel-Nr.266		560,00	15	100	1500	80	1,61 Kč

53760,30

340,63



					cena VBD	cena VBD cel.	život.VBD min	čas nástr. v řezu/min./	nástroj. náklady/ks
41.	Vyvrtávací tyč 29+0,1	1xSECO AA780 10	CCMT 060204-F2	15897,00	104,30	104,30	120	0,212	0,18
42.	Vyvrtávací tyč ø24+0,1	1xSECO AA780 10	CCMT 060204-F2	15897,00	104,30	104,30	120	0,212	0,18
43.	Vyvrtávací tyč ø42+0,1	1xSECO AA780 30	CCMT 060204-F2	18424,00	104,30	104,30	120	0,325	0,28
				50 218,00 Kč					<u>341,28 Kč</u>

VÝPOČTY

vedl.náklady nástroje = počet broušení x cena broušení

pro přebroušované nástroje

nástrojové náklady /ks = (cena nástroje + vedlejší nákl. nástr.) / ((počet broušení + 1) x trv.nástr.

pro nástroje s VBD

nástrojové náklady/ks = (čas nástr. v řezu / životnost VBD) x cena VBD celkem

Tabulka obsahující detailní rozbor nástrojových nákladů na jeden kus při obrábění víka původní technologií



6.2 Nová technologie- nástrojové náklady

V příložené tabulce jsou vyčísleny nástrojové náklady ve výši 55,04 Kč/kus. V této částce jsou započítány náklady na nákup nástrojů číslo 4;6;16;17;18 a 19 v částce 33 096,20 Kč.

K nástrojovým nákladům 55,04 Kč je dále nutné přičíst podíl z nákupní ceny nástrojů číslo 1;2;3;5;7;8;9;10;11;12;13;14 a 15 ve výši 203 285,70 Kč.

Při realizaci tohoto projektu byl každý z těchto nástrojů zakoupen ve trojím provedení z důvodu zajištění nepřetržité sériové výroby v případě havárie nástroje.

Náklady na nákup těchto nástrojů jsou tedy 608 857,10 Kč. Předpokládaná životnost těchto nástrojů je polovina doby trvání tohoto projektu. Tudíž po dobu 3 let. Za toto období bude vyrobeno $2\,500 \cdot 3 = 7\,500$ kusů.

Nástrojové náklady na 1 ks = nákupní cena nových nástrojů / počet kusů

Nástrojové náklady na 1 ks = $608\,857,10 / 7\,500 = 81,31$ Kč/kus

Celkové nástrojové náklady na 1 ks = $55,04 + 81,31 = 136,35$ Kč/kus

Pracnost nové technologie obrábění komor víka hydraulické převodové skříně je 22 minut a 22 sekund.

CENA OPRACOVÁNÍ = (pracnost nové technologie * minutová sazba) +
nástrojové náklady na jeden kus

CENA OPRACOVÁNÍ = $(22,36 \cdot 20) + 136,35 = 583,55$ Kč/kus



č.n	název - rozměr	označení	cena nástr.	VBD	cena VBD/ks	cena VBD celkem	život. VBD/min/	čas nástr.v řezu/min./	nástroj. náklady/ks/
1.	Vrták ø41 PL SECO	SECO SD502-41-82-40R7	8541,00	1xSPGX 12T3-C1 T400D, 1xSCGX 120408-P2 T200D	263,10 275,20	538,30	200	0,35	0,94
2.	Prot. nástroj ø42/ø46/ø50,4	S.O.N. č-B-00-0053 SE	24500,00	4xSECO – CCMT 060204-F2	104,30	417,20	100	0,68	2,84
3.	Vrták ø16,5 HM SECO	SECO SD105-16.00/16.99-80	4569,80	1xSECO – SD100-16.50-K	1357,80	1357,80	240	0,12	0,68
5.	Vyvtávací nástroj ø29/ø35/ø39	WALTER B3273-760037R	7452,00	2xP28475-3 ,WAP20, 2xCCMT09T308-PM5,WAK10	195,40 164,60	720,20	240	1,99	5,97
7.	Vyvtávací tyč ø31,5 GRAFLEX	SECO A780 20 + A725 20	16556,00	SECO 1xA780 20 + A725 20	104,30	104,30	120	0,475	0,41
8.	Prot. nástroj ø29,7/ø35,9/ø39,7	S.O.N. B-00-0056 SE	26680,00	SECO – 4xCCMT 060204-F2, WALTER -2xCCMT09T308- PM5, 1xTCMT 090204.M42 , T515	104,30 164,60 132,40	878,80	150	1,3	7,62
9.	Vrták ø28 PL SECO	SECO SD503-28.5-86-32R7	8030,00	1xSPGX 0903-C1 T400D, 1xSCGX 09T308-P2 T200D	214,60 225,00	439,60	240	0,11	0,20
10.	Vrták ø23 PL SECO	SECO CD505-23-115-25R7	8322,00	1xSPGX 0703-C1 T400D, 1xSCGX 070308-P2 T200D	201,50 212,40	413,90	280	0,1	0,15
11.	Vyvtávací tyč ø30,5 GRAFLEX	SECO A780 20 + A725 20	16556,00	1xCCMT 060204-F2 , TK2000	104,30	104,30	120	1,37	1,19
12.	Fréza ø32 PL ISCAR	ISCAR APKT-D32-45-CS32-FE	18200,00	6xAPKT 1003 PDR-HM IC910	242,00	1452,00	140	0,24	2,49
13.	Protáčecí nástroj ø24/ø31	S.O.N. č. B-00-0054 SE	21880,00	SECO – 4xCCMT 060204-F2	104,30	417,20	100	0,63	2,63
14.	Protáčecí nástroj ø29/ø31	S.O.N. č. B-00-0055 SE	20130,00	SECO – 3xCCMT 060204-F2	104,30	312,90	100	2,4	7,51
15.	Protáčecí nástroj ø17,3/ø28	S.O.N. č. B-00-0052 SE	21868,90	SECO – 4xCCMT 060204-F2, 2xTCMT 090202.M42	104,30 144,20	705,60	100	0,25	1,76
203285,70					počet br.	cena br.	vedl. nákl. nástr.	tvr.nástr. ks	nástroj. náklady/ks
4.	Fréza ø12 HM	K-TOOLS 114010A.120,ø12x45	1447,00		5	280,00	1400	400	1,19
6.	Vrták ø18 HM	GARANT č.122760	5152,00		5	350,00	350	500	1,83
16.	Výstružník ø17,5H8/ø18H8	HAM-FINAL č. 6800-358	3742,00		3	1200,00	3600	800	2,29
17.	Výstružník ø30H8/ø32H8/ø36H8	HAM-FINAL č.6800-359	7250,00		3	1800,00	5400	800	3,95
18.	Závitová fréza M33x2	SECO TM-M14X2.0 ISO-14R5	8249,00				600	0,77	10,59
19.	Závitová fréza M12x1.5	SECO TM-MF12X1,5 ISO-12R5	7256,20				1000	0,11	0,80
33 096,20 Kč					55,04 Kč				

Tabulka obsahující detailní rozbor nástrojových nákladů na jeden kus při obrábění víka novou technologií



Výpočty pro hodnoty v tabulce

vedl.náklady nástroje = počet broušení x cena broušení

pro přebroušované nástroje

nástrojové náklady /ks = (cena nástroje + vedlejší nákl. nástr.) / ((počet broušení + 1) x trv.nástr.

pro nástroje s VBD

nástrojové náklady/ks = (čas nástr. v řezu / životnost VBD) x cena VBD celkem

6.3 Návratnost projektu

Náklady na výrobu komor jednoho víka hydraulické převodové skříně původní technologií jsou 1 208,05 Kč/kus.

Náklady na výrobu komor jednoho víka hydraulické převodové skříně technologií novou jsou 624,45 Kč/kus.

Při předpokládané roční výrobě 2500 kusů je roční úspora 1 561 125 Kč.

Pořizovací náklady nástrojů jsou 609 857,10 Kč a náklady na nástroje 4;6;16;17;18 a 19 při nákupu tří kusů od každé položky vzroste celková pořizovací cena na 709 145,70 Kč.

NÁVRATNOST PROJEKTU = POŘIZOVACÍ NÁKLADY NÁSTROJŮ / ROČNÍ
ÚSPORA

NÁVRATNOST PROJEKTU = 709 145,70 / 1 561 125 = 0,445 rok



7 Závěr

Ve své bakalářské práci jsem řešil nahrazení původní technologie obrábění pěti ventilových komor hydraulické převodové skříně technologií produktivnější, která zajistí požadovanou sériovost a jakost produkce.

Hlavním úkolem této bakalářské práce bylo provést výběr vhodných nástrojů a zpracování vlastní technologie obrábění. Výsledkem řešení je snížení času opracování z původních 42 minut a 36 vteřin na 22 minut a 22 vteřin.

Náklady nutné na nákup nových nástrojů jsou 709 145,70 Kč. Vlivem zproduktivnění výroby je dosaženo investiční návratnosti vložených prostředků za 0,45 roku.

V dnešní době je investice do produktivity obrábění velmi přínosná. Dnešní firmy by se neměly spokojit se současným stavem své technologické vybavenosti, strojovým parkem a použitými komponenty ve své výrobě, ale měli by jít stále kupředu a držet krok s moderními technologiemi obrábění.



Použitá literatura:

- [1] ROUČKA, Jaromír. Metalurgie litin. FS VUT v Brně, Technická 2 : vydala v nakladatelství PC-DIR Real,s.r.o. Brno, Technická 2. 1998. ISBN 80-214-1263-1.
- [2] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; Top trendy v obrábění, I. část-Obráběné materiály, Žilina : Media/ST,s.r.o Žilina, 2006, 205 s, ISBN 80-968954-2-7.
- [3] GIRŠOVIČ, N, G. Šedá litina – kniha 1, Krystalizace litiny a vznik její struktury, vlastnosti litiny. Státní nakladatelství technické literatury,n. p. , Spálená 51, Praha II, 1955, 347 s. II-3-B2-L 13.
- [4] VINGER, M.; PŘIKRYL, Z. a kolektiv. Obrábění. Státní nakladatelství technické literatury,n. p. , Spálená 51, Praha I, 1984, 800 s. 04-250-84
- [5] ŘEZÁČ, Antonín. Obrábění kovů. Státní nakladatelství technické literatury,n. p. , Spálená 51, Praha I, 1963, 135 s, DT 621.9.025.
- [6] ZAJAC, J.,JURKO, J., ČEP, R., Top trendy v obrábění, II. Část- Nástrojové materiály. Žilina: Media/ST, s.r.o., Žilina, 2006, 193 s. ISBN 80 968954-2-7.

Použité internetové adresy:

Maho Deckel DMC 80 duo block

<http://www1.gildemeister.com/en,milling,dmc80hduoblock?opendocument&ma=2>

Wenzel LH 87

http://members.tripod.com/~BohemiaTrade/Wenzel/wenzel_lhserie.html



Seznam příloh

Příloha č.1: Původní technologie-Program pro CNC stroj.

Příloha č.2: Nástrojové listy včetně poznámek o geometrických úpravách na HSS nástrojích.

Příloha č.3: Nová technologie-Program pro CNC stroj.

Příloha č.4: Nástrojové listy včetně uvedení výrobce, označení a VBD.

Příloha č.5: Výkresová dokumentace všech pěti komor včetně uvedení původních i nových nástrojů a zjednodušený výkres celého víka hydraulické převodové skříně.

Příloha obsahuje-s-matic komora C24; s-matic komora C 29; s-matic komora F; s-matic komora 1; s-matic komora D a s matic (5x A4 + 1x A3)

Příloha č.6: Výkres kombinovaného nástroje $\varnothing 17,5H8/\varnothing 18H8/ 30^\circ$ od firmy HAM-FINAL Brno, č.výkresu 6800-358.

Příloha č.7: Výkres kombinovaného nástroje $\varnothing 30H8/\varnothing 32H8/\varnothing 36H8/ 20^\circ$ od firmy HAM-FINAL Brno, č.výkresu 6800-359.

Příloha č.8: Výkres vyvrtávacího nástroje $\varnothing 29/\varnothing 35/\varnothing 39$ od firmy WALTER, č. výkresu B3273-760037R.

Příloha č.9: Výkres protáčecího nástroje $\varnothing 17,3/\varnothing 28$ od firmy S.O.N., č. výkresu S.O.N. č. B-00-0052 SE.

Příloha č. 10: Výkres protáčecího nástroje $\varnothing 42/\varnothing 46/\varnothing 50,4$ od firmy S.O.N., č. výkresu S.O.N. č. B-00-0053 SE.



Příloha č. 11: Výkres protáčekcího nástroje $\varnothing 24/\varnothing 31$ od firmy S.O.N., č. výkresu S.O.N. č. B-00-0054 SE.

Příloha č. 12: Výkres protáčekcího nástroje $\varnothing 29/\varnothing 31$ od firmy S.O.N., č. výkresu S.O.N. č. B-00-0055 SE.

Příloha č. 13: Výkres protáčekcího nástroje $\varnothing 29,7/\varnothing 35,9/\varnothing 39,7$ od firmy S.O.N., č. výkresu S.O.N. č. B-00-0056 SE.

Poděkování:

Poděkovat bych chtěl především kolektivu firmy TFA alfa s.r.o. za rady v dané problematice a to speciálně vedoucímu technologie panu Miloši Valašíkovi a panu ing Ladislavu Filipu.

Dále bych chtěl poděkovat panu Doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za odborné rady, připomínky a pomoc při tvorbě této bakalářské práce.